

**Nature lithologique et origine des cailloux de l'anse Hamilton,
Saint-Romuald, Québec**

**Lithology and Nature of Boulders and Pebbles in Anse
Hamilton, Saint-Romuald, Québec**

**Gesteinsuntersuchung der Kiesel der Hamilton-Bucht,
Saint-Romuald, Québec**

Jean-Claude Dionne

Volume 45, numéro 2, 1991

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032862ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032862ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Dionne, J.-C. (1991). Nature lithologique et origine des cailloux de l'anse Hamilton, Saint-Romuald, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 45(2), 229–240. <https://doi.org/10.7202/032862ar>

Résumé de l'article

Le substrat meuble de l'anse Hamilton à Saint-Romuald, sur la rive sud du Saint-Laurent dans la région de Québec, est composé d'un dépôt sableux et caillouteux du type diamicton, comprenant des éléments grossiers de taille et de nature lithologique variées ainsi que de formes et de degrés d'éroussé divers. La zone intertidale d'environ 300 m de largeur comprend un marais (schorre) à scirpe (*Scirpus americanus*) dans la moitié supérieure et un estran dénudé dans la moitié inférieure. La nature lithologique des cailloux a été déterminée à la fois sur les blocs à la surface de l'estran, sur les petits cailloux (3-8 cm) du diamicton et sur les galets d'une petite plage sise au pied de la micro-falaise du schorre. Sur un total de 2725 blocs examinés, on a trouvé 49,9 % de précambriens, 47,6 % de grès et 1,3 % de calcaires. Les 2976 cailloux du diamicton sableux comptés ont donné les proportions moyennes suivantes : 16,9 % de précambriens, 36,1 % de grès, 25,5 % de calcaires, 12,4 % de schistes, 7,7 % de quartz et 1,3 % de quart-zites. Sur un total de 1201 galets d'une petite plage, on a obtenu : 25,8 % de précambriens, 26 % de grès, 37,4 % de calcaires, 7,5 % de schistes et 2,4 % de quartz. Les cailloux de l'estran sableux de Saint-Romuald proviennent à la fois des trois grandes unités géologiques entourant Québec, soit le Bouclier laurentidien à une vingtaine de kilomètres au nord, les basses terres du Saint-Laurent à une trentaine de kilomètres au sud-ouest et les formations appalachiennes sises à proximité de l'anse Hamilton. L'essentiel du matériel grossier a été apporté dans ce site par les glaces flottantes, au cours de l'Holocène, surtout pendant le dernier millénaire. Il s'agit donc d'un diamicton glaciaire récent et non d'un till remanié.

NATURE LITHOLOGIQUE ET ORIGINE DES CAILLOUX DE L'ANSE HAMILTON, SAINT-ROMUALD, QUÉBEC

Jean-Claude DIONNE, Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.1

RÉSUMÉ Le substrat meuble de l'anse Hamilton à Saint-Romuald, sur la rive sud du Saint-Laurent dans la région de Québec, est composé d'un dépôt sableux et caillouteux du type diamicton, comprenant des éléments grossiers de taille et de nature lithologique variées ainsi que de formes et de degrés d'émoussé divers. La zone intertidale d'environ 300 m de largeur comprend un marais (schorre) à scirpe (*Scirpus americanus*) dans la moitié supérieure et un estran dénudé dans la moitié inférieure. La nature lithologique des cailloux a été déterminée à la fois sur les blocs à la surface de l'estran, sur les petits cailloux (3-8 cm) du diamicton et sur les galets d'une petite plage sise au pied de la micro-falaise du schorre. Sur un total de 2725 blocs examinés, on a trouvé 49,9 % de précambriens, 47,6 % de grès et 1,3 % de calcaires. Les 2976 cailloux du diamicton sableux comptés ont donné les proportions moyennes suivantes: 16,9 % de précambriens, 36,1 % de grès, 25,5 % de calcaires, 12,4 % de schistes, 7,7 % de quartz et 1,3 % de quartzites. Sur un total de 1201 galets d'une petite plage, on a obtenu: 25,8 % de précambriens, 26 % de grès, 37,4 % de calcaires, 7,5 % de schistes et 2,4 % de quartz. Les cailloux de l'estran sableux de Saint-Romuald proviennent à la fois des trois grandes unités géologiques entourant Québec, soit le Bouclier laurentidien à une vingtaine de kilomètres au nord, les basses terres du Saint-Laurent à une trentaine de kilomètres au sud-ouest et les formations appalachiennes sises à proximité de l'anse Hamilton. L'essentiel du matériel grossier a été apporté dans ce site par les glaces flottantes, au cours de l'Holocène, surtout pendant le dernier millénaire. Il s'agit donc d'un diamicton glaciaire récent et non d'un till remanié.

ABSTRACT *Lithology and nature of boulders and pebbles in Anse Hamilton, Saint-Romuald, Québec.* The unconsolidated substrate of the Anse Hamilton, at Saint-Romuald, on the south shore of the St. Lawrence Estuary in front of Québec City, is a mixture of silt, sand and coarse debris similar to a diamicton or a till. There is a great variety in the size, shape and roundness of clasts as well as their lithological composition. The tidal zone, approximately 300 m wide, is composed of two units: a tidal marsh dominated by *Scirpus americanus* in the upper half, and a bare sandy tidal flat in the lower half. The lithology of clasts was determined for boulders at the surface of the tidal flat, for the coarse debris of the diamicton, and for the pebbles of a small beach at the base of a micro-cliff cut into the tidal marsh. Of the 2725 boulders examined, 49,9% were Precambrian, 47,6% sandstone and 1,3% limestone. Of the 2976 clasts from the silty and sandy diamicton, the following proportions were obtained: 16,9% Precambrian, 36,1% sandstone, 25,5% limestone, 12,4% shale, 7,7% quartz, and 1,3% quartzite. Based on 1201 pebbles, the lithological nature of the clasts from a pocket beach was 25,8% Precambrian, 26% sandstone, 37,4% limestone, 7,5% shale and 2,4% quartz. The coarse debris from the tidal flat at Saint-Romuald originated from three major geological units occurring in the Québec City area: the Laurentian Shield about 20 km to the north, the St. Lawrence Lowlands about 30 km to the southwest, and the Appalachians in the vicinity of the studied site. Most coarse debris was transported to the cove by ice rafting during the Holocene, particularly during the last millenium. The silty-sandy and gravelly deposit of the Anse Hamilton is thus a recent drift-ice diamicton rather than a reworked till.

ZUSAMMENFASSUNG *Gesteinsuntersuchung der Kiesel der Hamilton-Bucht, Saint-Romuald, Québec.* Das lockere Substrat der Hamilton-Bucht bei Saint-Romuald, auf dem Südufer des Saint-Laurent in der Gegend von Québec, besteht aus einer sandigen und kiesigen Ablagerung vom Typus Diamikton und enthält grobe Elemente, die in Größe, Gesteinszusammensetzung sowie Form und Abstumpfungsgrad sehr verschieden sind. Der Gezeiteinsatz von ungefähr 300 m Breite umfaßt ein Moor (Hallig) mit Schilf (*Scirpus americanus*) in der oberen Hälfte und einen kahlen Strand in der unteren Hälfte. Die Gesteinsnatur der Kiesel wurde gleichzeitig auf den Blöcken an der Oberfläche des Strandes, auf den kleinen Kiesel (3-8 cm) des Diamikton und auf den flachen Steinen eines kleinen Strandes am Fuß der Mikrosteilküste der Hallig bestimmt. Bei einer Gesamtzahl von 2725 untersuchten Blöcken hat man 49,9% Steine aus dem Präkambrium, 47,6% Sandsteine und 1,3% Kalksteine gefunden. Die 2976 gezählten Kiesel aus sandigem Diamikton ergeben folgende durchschnittliche Proportionen: 16,9% präkambrische Steine, 36,1% Sandsteine, 25,5% Kalksteine, 12,4% Schiefer, 7,7% Quarze und 1,3% Quarzite. Aus einer Gesamtzahl von 1201 flachen Steinen eines kleinen Strandes ergab sich folgendes: 25,8% präkambrische Steine, 26% Sandsteine, 37,4% Kalksteine, 7,5% Schiefer und 2,4% Quarze. Die Kiesel des sandigen Strands von Saint-Romuald stammen von den drei großen geologischen Einheiten, die Québec umgeben, dem laurentidischen Schild etwa 20 km nördlich, dem Tiefland des Saint-Laurent etwa 30 km südwestlich und den Appalachen-Formationen, die sich in der Nähe der Hamilton-Bucht befinden. Das grobe Material ist an diesen Platz hauptsächlich durch Treibeis herangetragen worden im Laufe des Holozän, vor allem während des letzten Jahrtausends. Es handelt sich also um ein neueres Treibeis-Diamikton und nicht um ein umgestaltetes Till.

INTRODUCTION

On dispose de peu de données sur les aspects morpho-sédimentologiques des rivages du Saint-Laurent, en particulier dans la région de Québec (Canada, 1973; Frenette et Larinier, 1973; Centreau, 1974; Frenette et Verrette, 1976; Sérodes, 1976; Cremer, 1979; Coakley *et al.*, 1989; Drapeau, 1990). Entre Cap-Rouge et Lauzon, environ 90 % du littoral a été aménagé (Maltais, 1976; Laurin, 1979; Goudreau et Gauthier, 1981). Il reste donc peu de sites naturels à étudier en dehors d'une étroite bande de terrain correspondant à la moitié inférieure de la zone intertidale. Un des rares sites non encore entièrement remblayé se trouve à Saint-Romuald, en face de Sainte-Foy et de Sillery (fig. 1). À cet endroit subsiste une petite anse occupée par un marais intertidal et un bas estran sablo-caillouteux relativement étroit (Chênevert, 1990). On y a étudié la nature lithologique des cailloux (galets et blocs) afin d'en déterminer la provenance et de comprendre les modes de mise en place du matériel grossier.

CARACTÉRISTIQUES

L'anse étudiée est située en face de Saint-Romuald-d'Etchemin (secteur central de la ville), sur la rive sud du Saint-Laurent (46°45'15"N, 71°14'30"O). Ce modeste rentrant sis entre le quai de l'usine de traitement de l'eau de la municipalité, à l'ouest, et l'embouchure de la rivière Etchemin, à l'est (fig. 2), mesure environ 270 m de largeur et 700 m de longueur, pour une superficie d'environ 190 000 m². Aux deux extrémités subsistent les structures d'anciens quais utilisés, au siècle dernier sous le régime anglais, pour le commerce du bois (Bayfield, 1860). On y trouve aussi une vingtaine d'anneaux et de tiges métalliques d'ancrage fixées à de gros blocs, qui témoignent d'une activité commerciale jadis relativement importante. Autrefois, cette localité portait le nom de New Liverpool, toponyme qui désigne maintenant le secteur ouest de la municipalité de Saint-Romuald, compris entre l'usine de traitement de l'eau et l'embouchure de la Chaudière.

L'anse Hamilton est occupée en majeure partie (environ 70 %) par un marais à scirpes (*Scirpus americanus*) à pente faible (2 à 3°) et un estran dénudé, à pente encore plus faible (1 à 2 degrés). Le substrat de l'estran (fig. 3) est limono-sableux et caillouteux, mais, dans le marais intertidal, ce substrat est recouvert par un dépôt vaseux et sableux, de 50 à 125 cm d'épaisseur, contenant des cailloux et des blocs dans des proportions variables.

La partie dénudée du bas estran n'est exposée que durant une courte période à chaque marée: environ deux heures seulement (Sérodes et Troude, 1985). Elle est aussi largement parsemée de cailloux et surtout de blocs. En été, une mince pellicule (5 à 10 mm) de vase recouvre la surface de l'estran. Le dépôt (sable fin à grossier) du bas estran contient beaucoup d'éléments grossiers et est enrichi d'une matrice limoneuse, ce qui lui confère un caractère de diamicton suggérant un till. Il est parfois très compact et difficile à creuser à la «petite pelle». Son épaisseur n'est pas connue, mais elle excède 50 cm. Les cailloux du diamicton sont hétérogènes quant à la lithologie, la taille et le façonnement.

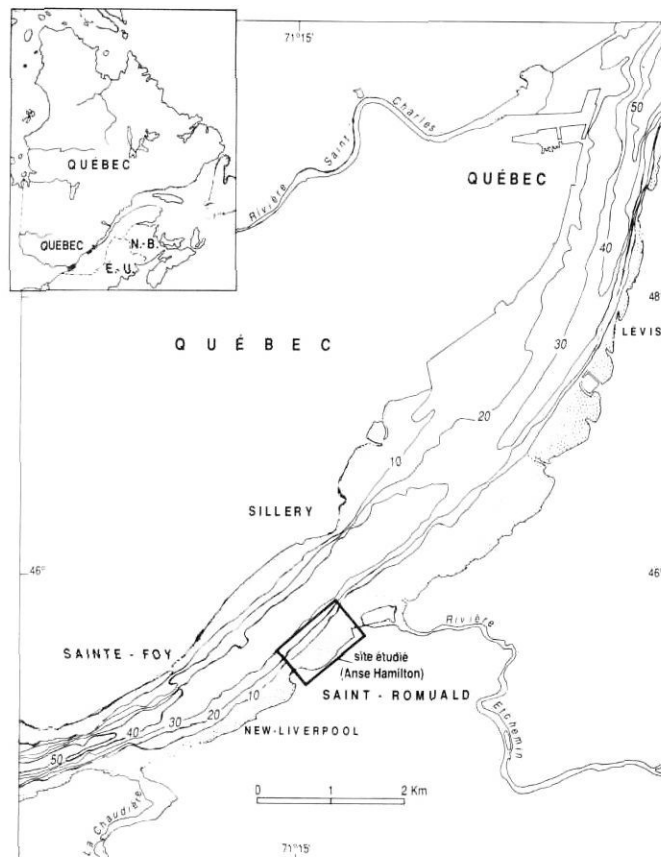


FIGURE 1. Carte de localisation et des noms de lieu.

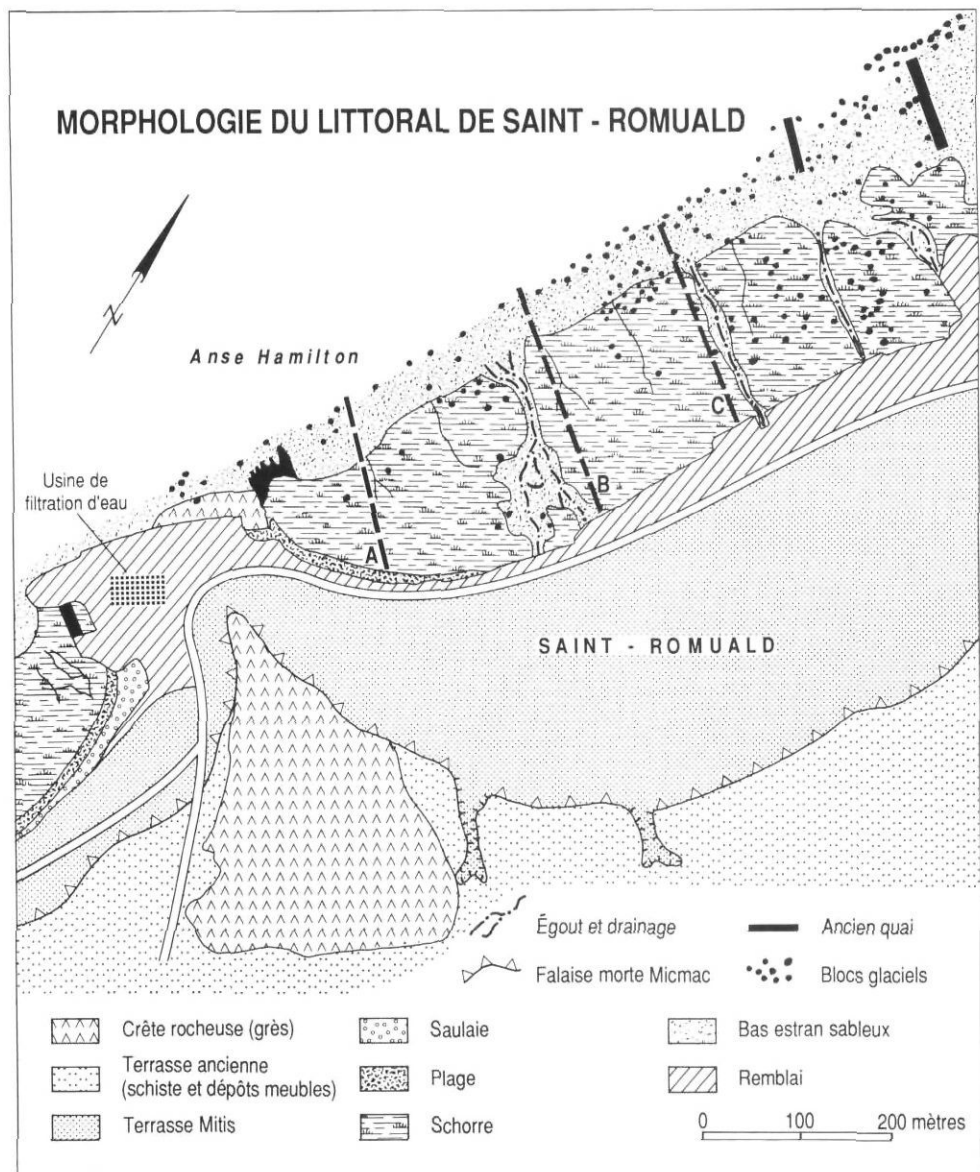
Location map and place names.

Dans le secteur étudié, le Saint-Laurent est relativement étroit et profond. La distance entre les deux rives est d'environ deux kilomètres. La zone en dessous de la limite des basses mers s'approfondit rapidement. La courbe de -10 m passe à une centaine de mètres seulement de la limite inférieure de l'estran et la partie centrale avoisine les 30 m (fig. 1). L'amplitude des marées moyennes est de 4,8 m et celle des marées de vive eau de 5,7 m. Les extrêmes de pleine mer atteignent 7 m et ceux de basse mer -1,3 m. Le niveau moyen de l'eau (zéro géodésique) est de 2,6 m (Canada, 1989). L'estran est balayé par des courants de marée relativement forts pouvant à l'occasion déplacer des cailloux de quelques centimètres. Au centre du chenal, la vitesse des courants du jusant atteint 4 nœuds. Compte tenu de la faible hauteur des vagues, leur action est forcément modeste mais néanmoins suffisante, lors du déferlement, pour déplacer ou remanier sur le haut de plage des cailloux de 5 à 8 cm de diamètre. L'activité maritime (en particulier les transatlantiques) étant fort intense sur le Saint-Laurent, il convient de souligner l'action des vagues de batillage, même s'il demeure difficile de l'évaluer correctement (Ouellet, 1971; Ouellet et Baird, 1978).

La saison glacielle s'étend du début de décembre au début d'avril (Michel et Bérenger, 1972). L'anse est entièrement couverte de glaces de janvier à la fin mars. En 1990, par exemple, le déglacement de l'estran a eu lieu au cours de la première semaine d'avril. Les glaces constituent un des principaux agents morpho-sédimentologiques du site étudié.

FIGURE 2. Croquis géomorphologiques des anses de Saint-Romuald (d'après Chênevert, 1990). A, B et C, localisation des transects de la figure 3.

Geomorphologic sketch of the Saint-Romuald coves (after Chênevert, 1990) A, B and C, transects shown on Figure 3.



Elles sont responsables de la présence de la plupart des blocs et d'une large proportion de cailloux de plus petite taille.

Entre les rivières Etchemin et Chaudière, la côte est essentiellement rocheuse. On y trouve deux types de roches: des grès en dominance et des schistes (rouges, verts, gris et noirâtres), appartenant à la formation de Sillery, d'âge cambrien (St-Julien, 1977; Avramtchev, 1985). Au niveau du rivage actuel, il existe des affleurements de grès à l'extrémité ouest de l'anse Hamilton et des schistes (gris et rouges) dans l'anse de New Liverpool. Dans le secteur étudié, il n'y a pas d'affleurements rocheux autres que les grès du site occupé par l'usine de filtration d'eau.

Les anciens quais, sis de part et d'autre de l'anse, étaient jadis remplis de blocs. Comme ils ont été à peu près détruits, une partie des cailloux (blocs) a été dispersée sur le rivage actuel. On peut observer le phénomène au droit d'un caisson situé à l'extrémité est de l'anse Hamilton qui commence à être démembré.

MÉTHODES D'ÉTUDE

L'étude a porté sur trois groupes de cailloux: les blocs, les petits cailloux du diamicton limono-sableux et les galets du haut de plage, au pied de la micro-falaise du schorre.

La lithologie des blocs à la surface de l'estran a été déterminée au printemps juste après le déglacement, seule période permettant d'identifier les cailloux, car, en été et à l'automne, une pellicule de vase les recouvre et rend difficile toute identification adéquate. Neuf comptages ont été faits sur des éléments de taille supérieure à 35 cm, pour un total de 2725 blocs.

La nature des cailloux du diamicton a été faite en creusant des trous ou tranchées de 30 à 50 cm de profondeur dans le diamicton. Les cailloux recueillis ont été lavés soigneusement et identifiés sur place (fig. 4). Au total, 2976 cailloux de 2 à 8 cm (de diamètre ou de grand axe) ont été ainsi examinés dans 16 sites répartis sur l'ensemble du bas estran dénudé.

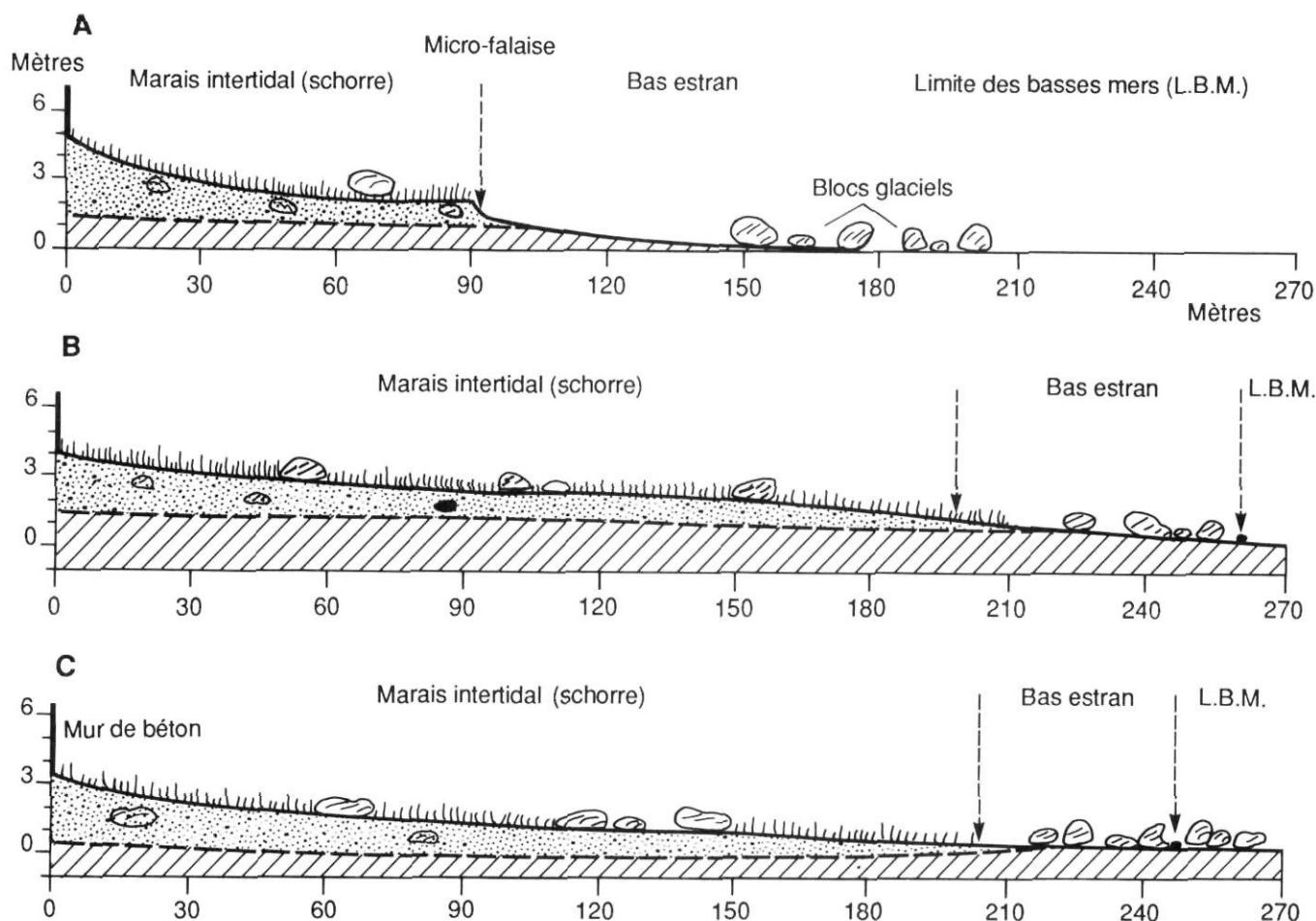


FIGURE 3. Profils topographiques du rivage de l'anse Hamilton (Saint-Romuald). Ces profils ont été levés à l'aide d'un niveau électronique (type GDD), respectivement dans les secteurs occidental, central et oriental (d'après Chênevert, 1990). En grisé, dépôt meuble récent; hachuré, substrat sableux et caillouteux.

Topographic transects levelled with an electronic device (GDD model), Anse Hamilton (Saint-Romuald) respectively in the western, central, and eastern portions of the cove. Recent deposit overlying the sandy and gravelly substrate.



FIGURE 4. Cailloux lavés du diamicton limono-sableux extraits d'une tranchée. De gauche à droite, tas de cailloux précambriens, calcaires, grès (A et B), schistes et quartz; au premier plan, débris de bois et bouchon d'évier (15-10-89).

Shingles from the silty-sandy diamicton. From left to right, mounds of Precambrian, limestone, sandstone (A & B), shale and quartz. In the first row are small pieces of wood and a sink plug found with the clasts.

Quant aux galets formant une petite plage au pied de la micro-falaise du schorre, la lithologie a été établie sur six lots totalisant 1201 cailloux. De plus, dans chaque cas, l'émoussé visuel a été noté. Au total, 4177 cailloux de taille inférieure à 8 cm ont été comptés dans 22 sites, ce qui donne une moyenne de 190 par site. La valeur statistique des comptages se révèle satisfaisante puisque, d'après l'abaque de Van der Plas et Tobi (1965), le degré de fiabilité serait supérieur à 95 %.

DONNÉES DE TERRAIN

A. LES BLOCS

De nombreux blocs parsèment l'estran de l'anse Hamilton (fig. 5). Bien que concentrés en majeure partie à la limite des basses mers, on en trouve quand même un peu partout. Ils sont disposés soit en amas, en cordon ou encore de façon éparse, à la fois sur le bas estran dénudé et le schorre. Dans ce dernier ils sont surtout abondants dans le secteur est de l'anse. Leur taille varie beaucoup; mais 80 % ont entre 35 et 135 cm de diamètre. Certains (environ 2 %) excèdent même 200 cm, alors que 20 à 25 % ont moins de 50 cm de diamètre.

Leur forme et le degré d'usure varient aussi beaucoup. D'une façon générale, les blocs précambriens sont plus massifs et plus arrondis, alors que les blocs de grès sont souvent rectangulaires ou carrés. Une évaluation visuelle de l'éroussé donne les proportions suivantes: 10 % d'anguleux à subanguleux pour les précambriens contre 65 % pour les grès; 70 % de subarrondis pour les précambriens et 30 % seulement pour les grès; et 20 % d'arrondis pour les précambriens contre 5 % pour les grès.

La nature lithologique des blocs est moins variée que pour les galets. Le tableau I résume les données obtenues de neuf comptages. Sur un total de 2725 blocs, les précambriens et les grès totalisent respectivement 49,9 et 47,6 %. Les autres lithologies (calcaire, schiste et conglomérat) ne représentent donc que 2,5 %. Signalons en passant la présence de blocs de béton provenant probablement de tuyaux d'égout, de murs de protection, de quais ou autres structures avariées par les glaces et les autres agents littoraux ou encore jetés directement sur le rivage par l'homme. Cinq gros blocs de calcaire à faciès fossilifère pesant entre 425 kg et 1,4 tonne ont été observés à la surface de l'estran. L'un d'eux (fig. 6), mesurant 130 × 105 × 40 cm reposait sur un dépôt de sable moyen rougeâtre d'au moins 50 cm d'épaisseur.

Au cours des dernières années, plusieurs petits (40 à 60 cm) blocs (grès, calcaire, et précambrien) ont été abandonnés par les glaces à la surface du schorre lors du déglacement annuel. Au printemps 1987, un amas de schiste rouge a été observé à la surface du schorre inférieur (fig. 7). Un autre, mesurant 110 × 80 × 5 cm (88 kg), fraîchement abandonné par les glaces, a été observé en 1989. De même, chaque année, plusieurs blocs sont poussés vers la limite inférieure de l'estran. Ces blocs affouilleurs (Dionne, 1989a), creusent des rainures superficielles dans le substrat meuble. Les débris déplacés forment alors des bourrelets latéraux et frontaux (fig. 8). De 1988 à 1990, une vingtaine de blocs ont ainsi été déplacés.

B. LES CAILLOUX DU DIAMICTON SABLEUX

1. Lithologie

Le tableau II et la figure 9 résument les résultats obtenus. On constate que le diamicton est composé de cailloux de nature pétrographique variée comprenant à la fois des éléments précambriens, appalachiens et laurentiens.

Les cailloux précambriens (surtout des gneiss et des granites) comptent pour 16,9 % de l'ensemble des lithologies observées. Parmi les cailloux appalachiens, les grès (type A) dominent avec 27,8 % alors que les schistes totalisent 12,4 %. On trouve aussi 7,7 % de galets de quartz filonien et 1,3 % de quartzite (orthoquartzite). Trois lithologies des basses terres du Saint-Laurent sont représentées. Les calcaires de Trenton, à plus de 90 % fossilifères, comptent pour 25,5 %. Les grès du type B (grauwacke gris pâle) sont parfois calcaires et schisteux et occasionnellement fossilifères. Ils totalisent 8,3 %, alors que les schistes d'Utica représentent environ 1 %. On a aussi trouvé trois concrétions calcaires ainsi que deux galets de silex.

2. Façonnement

Les cailloux du diamicton sableux du bas estran de l'anse Hamilton présentent des degrés d'usure fort variés. En fait, on y trouve de tout, entre les éléments anguleux et les galets arrondis comme des billes. Le tableau III résume l'éroussé visuel (Dionne, 1973a) des divers lots de cailloux étudiés. On constate des différences suivant la lithologie. Les grès appalachiens (type A), par exemple, sont généralement constitués de deux lots: l'un comprenant des éléments peu façonnés (anguleux à subanguleux), l'autre des éléments bien usés (subarrondis et arrondis). Les galets de quartz montrent aussi un façonnement avancé allant des subarrondis à arrondis.

L'éroussé des calcaires donne une forte proportion (75 %) de subarrondis à arrondis, avec environ 10 % respectivement d'arrondis et de subanguleux et 5 % d'anguleux. La

TABLEAU I

Anse de Saint-Romuald: lithologie des blocs (en %)

Comptage n°	Nombre	Précambrien	Grès	Calcaire	Schiste	Conglo.	Béton
1	156	41,0	52,6	3,2	1,3	0,6	0,6
2	201	49,7	47,3	3,0	0	0	0
3	313	41,5	55,6	1,9	0,6	0	0,3
4	272	46,7	52,6	0,3	0	0,3	0
5	193	45,1	53,3	0,5	0	1,0	0
6	488	55,3	44,7	0	0	0	0
7	270	63,7	33,7	0,7	0,7	0,7	0,4
8	303	61,0	37,0	0,3	0,3	1,3	0
9	529	45,2	52,3	0,5	0,5	0,5	0,7
Total	2725						
Moyenne	302	49,9	47,6	1,3	0,4	0,5	0,3
Médiane		46,7	52,3	0,6	0,6	0,6	0,3
Maximum		63,7	55,6	3,2	1,3	1,3	0,7
Minimum		41,0	37,0	0	0	0	0

majorité des schistes est peu façonnée: 85 % tombent dans la catégorie des anguleux à subanguleux et 15 % dans la catégorie des subarrondis. Par contre, les grauweekes (grès type B) des formations rocheuses des basses terres sont à 85 % anguleux et à 15 % subanguleux. Les cailloux précambriens accusent un façonnement comparable aux calcaires: 65 % de subarrondis, 15 % d'arrondis et 25 % d'anguleux à subanguleux. À l'exception des quartz, on a observé quelques cailloux de chaque lithologie refracturés après avoir été façonnés.

C. LES GALETS DU HAUT DE PLAGE

Dans le secteur occidental de l'anse Hamilton, le schorre est érodé à sa limite externe sur une distance d'environ 150 m. Au pied de la micro-falaise (30 à 50 cm de hauteur), les vagues de déferlement concentrent du sable et des petits

cailloux pour former un haut de plage peu épais (une dizaine de centimètres), de 3 à 4 m de largeur seulement (fig. 10). Les cailloux sont de petite taille: 90 % du matériel étant inférieur à 10 cm. Six comptages totalisant 1201 cailloux ont été faits sur les éléments de 2 à 6 cm.

Le tableau IV et la figure 11 résument les données obtenues. Les éléments précambriens comptent pour 25,8 %, les grès pour 26 % et les calcaires 37,4 %, alors que les schistes et les quartz ne représentent respectivement que 7,5 % et 2,4 %. On a en outre trouvé deux concrétions calcaires et 7 galets de chert (silex).

Comme dans le cas des cailloux du diamicton du bas estran dénudé, l'émoussé des galets varie suivant la lithologie. Toutefois, dans l'ensemble, il est légèrement plus élevé pour toutes les lithologies, en particulier pour les schistes.



FIGURE 5. Vue partielle du bas estran sableux capitoné de blocs de l'anse Hamilton, à Saint-Romuald (19-11-88).

A view of the boulder-strewn sandy tidal flat, Anse Hamilton, Saint-Romuald.

FIGURE 6. Bloc de calcaire (Ordovicien) de taille métrique pesant environ 1,3 tonne et reposant sur un substrat de sable moyen rougeâtre, de plus de 50 cm d'épaisseur, moitié inférieure de l'estran de l'anse de Saint-Romuald. À remarquer les éraflures glacielles récentes (23-04-89).

A limestone boulder (Ordovician) about 1.3 m long (1.3 ton), overlying a reddish sand deposit at least 50 cm thick, lower tidal flat, Anse Saint-Romuald. Note the scratchings made by ice recently.



FIGURE 7. Apport glaciaire récent de débris de schiste rouge à la surface du schorre inférieur, anse Hamilton (25-04-87).

Ice-rafted debris freshly released at the surface of the lower tidal marsh, Anse Hamilton.

FIGURE 8. Bloc affouilleur (gneiss de 1,2 tonne) avec rainure glacielle derrière et bourrelets latéraux et frontal caillouteux; le bloc a été déplacé récemment de 3,25 m vers la limite des basses mers (23-04-89).

A ploughing boulder (gneiss) weighing about 1.2 ton, with a landward scoured furrow bordered by lateral and frontal gravel ridges; the boulder was moved 3.25 m seaward recently.

TABLEAU II
Anse de Saint-Romuald – Lithologie des cailloux de 3-8 cm du diamicton sableux (en %)

Comptage	Nombre	Précambrien	Grès Type A	Grès Type B	Calcaire	Schiste	Quartzite	Quartz
1	100	16	31	13	20	15	–	5
2	144	22,2	30,5	0	22,2	11,1	0,7	13,2
3	124	13,7	29	–	37,0	16,1	1,6	1,6
4	142	11,3	33,8	14,1	24,6	16,2	–	–
5	261	21,1	13,4	2,7	38,3	22,2	0,5	1,5
6	212	17,9	30,2	16,5	14,6	12,3	2,8	5,6
7	216	19	27,3	9,3	26,4	7,4	–	9,7
8	165	15,7	33,3	–	29,7	9,1	3	9,1
9	223	10,8	25,8	17	20,6	13,9	1,8	13,3
10	202	13,4	41,6	6,9	14,8	9,9	3	10,4
11	267	14,6	31,8	9	18	13,9	2,6	10,1
12	166	16,3	25,3	9,6	27,7	10,8	1,2	9,1
13	204	14,2	25,5	10,8	23,5	10,3	–	15,7
14	161	21,1	19,3	6,2	32,9	11,8	1,2	7,5
15	197	16,7	25,4	8,1	31	11,7	1	6,1
16	192	27,1	21,9	9,9	26	7,3	2,1	5,7
Total	2976							
Moyenne	186	16,9	27,8	8,3	25,5	12,4	1,3	7,7
Médiane		16	27,3	9	24,6	11,7	1,2	7,5
Minimum		10,8	13,4	0	14,6	7,3	0	0
Maximum		27,1	41,6	17	38,3	22,2	3	15,7

TABLEAU III
Émoussé visuel des cailloux du diamicton (en %)

Précambriens:	SAR	= 65	Calcaires:	SAR-AR	= 75
	AR	= 15		SAN	= 10
	AN-SAN	= 25		AR	= 10
				AN	= 5
Grès (A):	SAR-AR	= 40	Schistes:	AN-SAN	= 85
	SAN-SAR	= 35		SAR	= 15
	AR	= 15			
	AN	= 10			
Grès (B):	AN	= 85	Quartz:	SAR	= 65
	SAN	= 15		AR	= 35

AN: anguleux SAN: sub-anguleux SAR: sub-arrondi AR: arrondi

INTERPRÉTATION

A. PROVENANCE DES CAILLOUX

Comme on l'a mentionné, les cailloux de l'anse Hamilton, à Saint-Romuald, appartiennent à trois provinces géologiques: 1) le Bouclier laurentidien à une vingtaine de kilomètres, au nord du Saint-Laurent; 2) les Appalaches au sud et au droit du site étudié; 3) les basses terres du Saint-Laurent à une trentaine de kilomètres au sud-ouest, soit en amont de Saint-Nicolas (rive sud) et de Saint-Augustin (rive nord) (fig. 12).

1. Les blocs

Dans la catégorie des blocs, il y a partage égal entre les précambriens (49,9 %) et les sédimentaires (49,8 %). Néan-

moins, les grès avec 47,6 % dominent largement dans cette dernière catégorie, ce qui n'est pas le cas dans la catégorie des petits éléments (galets) du diamicton et du haut de plage. En effet, la diversité est plus grande dans la catégorie des galets sédimentaires. La forte proportion des blocs de grès est-elle attribuable à la proximité des crêtes rocheuses appalachiennes, très nombreuses dans le secteur? Sans doute, mais en partie seulement, puisque la même situation prévaut pour les précambriens, leur proportion est beaucoup plus forte dans la catégorie des blocs que dans celle des galets. Or, le Bouclier laurentidien d'où ils proviennent (à l'origine) est situé à au moins une vingtaine de kilomètres au nord.

La proportion élevée de blocs de grès anguleux indique une originale proximale; les cailloux n'étant pas façonnés, ils n'ont probablement pas été transportés sur de longues distance. Les apports anthropiques demeurent aussi possibles, surtout pour les blocs de 40-60 cm. Comme on l'a déjà mentionné, les anciens quais en contenaient beaucoup. Ces derniers ayant été évidés après leur abandon, une partie des blocs a été dispersée sur le rivage avoisinant. D'ailleurs le processus est encore actif dans le secteur est de l'anse Hamilton. Les cailloux anguleux provenaient probablement de crêtes de grès dynamitées. Mais le remplissage des quais incluait aussi des éléments précambriens (glaciels ou glaciaires) ramassés sur les terrasses et les rivages de la région avoisinante. Ces derniers ont aussi été dispersés sur le rivage de Saint-Romuald. Il s'avère donc difficile de départager avec précision les apports naturels des apports anthropiques à cet endroit. Ce qui explique peut-être, en partie du moins, la différence marquée entre la lithologie des blocs et des galets.

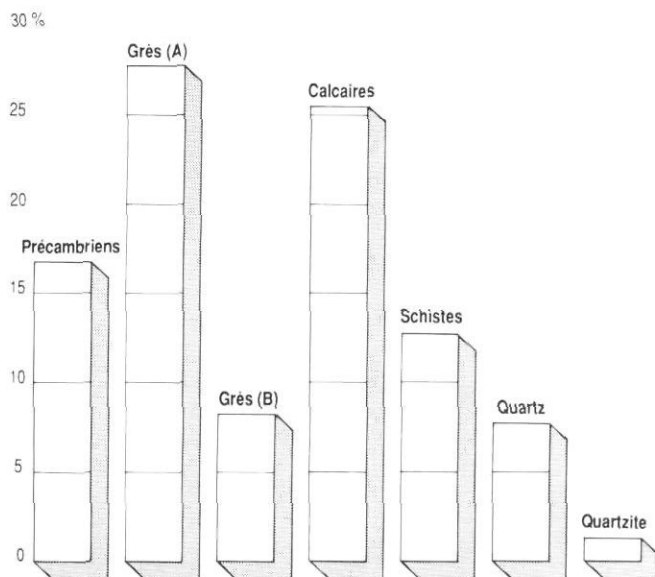


FIGURE 9. Histogramme montrant la répartition lithologique proportionnelle des petits cailloux du diamicton.

Histogram showing the proportion of clasts for each lithology in the diamicton.

Mais il convient de souligner que dans d'autres secteurs du haut estuaire du Saint-Laurent, il existe aussi une différence marquée entre la lithologie des blocs et des galets dans la zone intertidale actuelle. Dans les secteurs de Grondines, Donnacona et Neuville sur la rive nord, et de Sainte-Croix et Saint-Antoine-de-Tilly sur la rive sud, les blocs d'estran concentrés à la limite des basses mers, où ils forment de beaux cordons (Dionne, 1989b), sont en très grande majorité précambriens. En réalité, tous les blocs de plus de 100 cm de diamètre sont à 99 % précambriens, alors que le substrat consolidé sur lequel ils reposent et celui des rivages adjacents est constitué de roches sédimentaires: grès, calcaire et schiste (Clark et Globensky, 1973, 1975). À Saint-Nicolas, cependant, en raison probablement de l'abondance des crêtes de grès, la proportion des blocs précambriens n'est que de 25 % alors que les grès totalisent 67,5 % (Messely, 1983).

2. Les petits cailloux

Dans la catégorie des galets, les éléments précambriens dont la source initiale est à plus de 20 km au NNO comptent néanmoins pour environ 17 % de l'ensemble des lithologies, alors que les éléments appalachiens totalisent 48 % et ceux provenant des basses terres, 35 %. La prépondérance des éléments appalachiens traduit à la fois la proximité des affleurements et leur étendue. Les grès (type A) sont particulièrement abondants entre Saint-Nicolas et Saint-Romuald, alors que les schistes (*shale* et *slate*) ne se rencontrent qu'ici et là. Le faible pourcentage de ces derniers traduit sans doute la faible étendue des affleurements, mais pourrait aussi découler du caractère fragile de la roche qui s'effrite facilement. En conséquence, ils sont probablement sous-représentés. La présence de galets de quartz ne constitue pas une anomalie, car il existe des filons de quartz dans les formations appalachiennes. Comme les galets sont petits (1 à 5 cm) et bien



FIGURE 10. Micro-falaise du schorre avec petite plage de sable, gravier et galets.

A narrow sandy, gravelly and pebbly beach at the base of the tidal marsh micro-cliff.

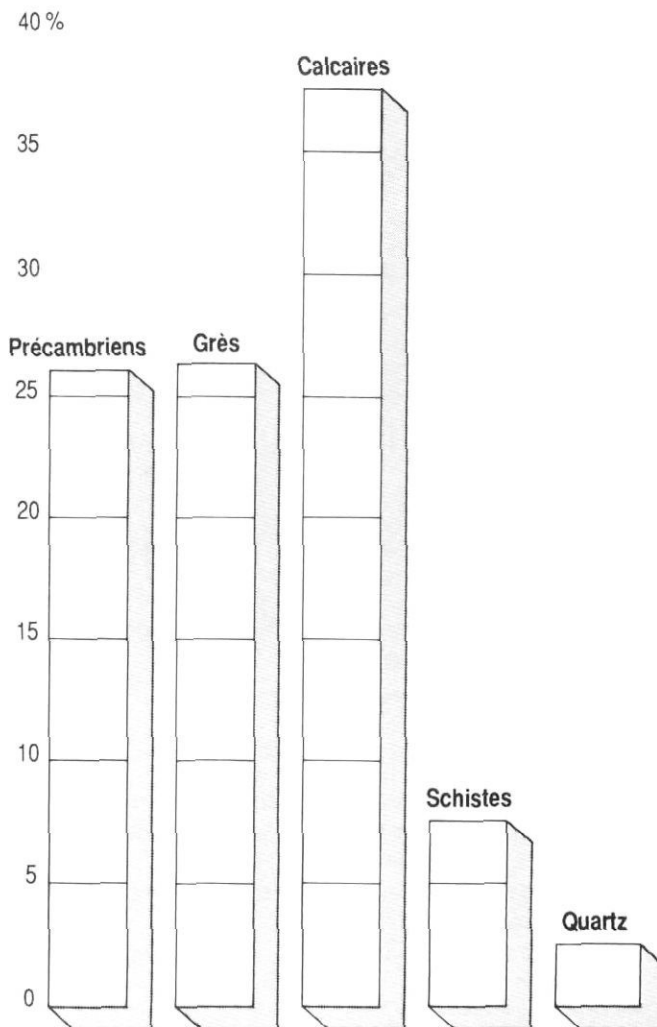


FIGURE 11. Histogramme montrant la répartition lithologique des galets de la plage au pied de la micro-falaise du schorre.

Histogram showing the proportion of pebbles in the beach for each lithology.

TABLEAU IV

Anse de Saint-Romuald – Lithologie des cailloux de 2-6 cm (en %)
(haut de plage au pied de la micro-falaise du schorre)

Comptage	Nombre	Précambrien	Grès	Calcaire	Schistes	Quartzite	Quartz	Silex	Concrétion
1	305	31,8	12,5	49,1	6,6	—	—	—	—
2	151	24,6	23,2	39,9	6,7	—	5,3	—	0,6
3	150	22,1	33,6	33,6	6,7	—	3,3	0,6	—
4	140	26,4	37,9	28,6	5,7	—	1,4	—	—
5	234	24,7	28,5	33,7	10,7	0,4	0,8	0,8	0,4
6	223	24,9	19,8	39,5	8,7	2	3,5	1,6	0
Total	1201								
Moyenne	200	25,8	26	37,4	7,5	—	2,4	—	—
Médiane		24,7	23,2	33,7	6,7	—	—	—	—
Minimum		22,1	12,5	28,6	5,7	0	0	0	0
Maximum		31,8	33,6	49,1	10,7	2	5,3	1,6	0,4

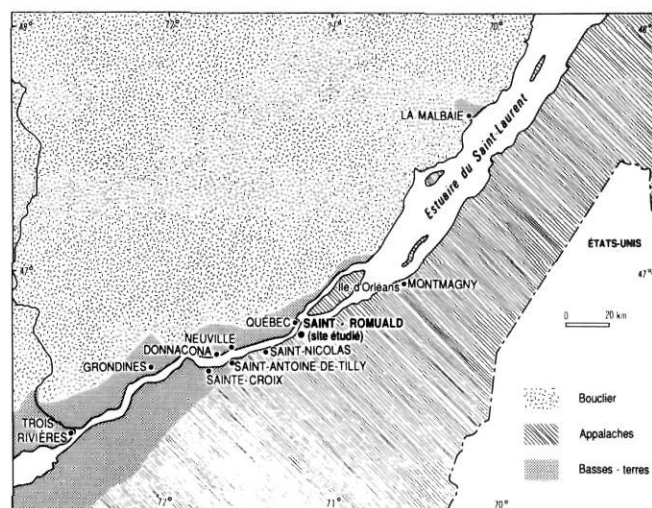


FIGURE 12. Carte schématique des grandes unités géologiques dans la région étudiée.

A sketch map of the main geological units in the study area: Canadian Shield to the north, Appalachians to the south, and the St. Lawrence Lowlands in the middle.

usés, ils ont sans doute été apportés par les deux grandes rivières du secteur étudié, la Chaudière et l'Etchemin, avant d'être remaniés par les eaux du Saint-Laurent. Le faible pourcentage de quartzite (orthoquartzite) et de micro-grès chertueux reflète aussi la faible étendue de ces lithologies dans les roches appalachiennes.

Parmi les roches des basses terres, les calcaires de Trenton comptent pour 25,5 %, les grès (grauwackes), 8,3 % et les schistes d'Utica, environ 1,5 %. Les affleurements les plus rapprochés de ces roches sont situés à une trentaine de kilomètres en amont (Neuville et Grondines). Il est possible, pour la raison évoquée ci-dessus, que les schistes d'Utica soient eux aussi sous-représentés. Quoi qu'il en soit, on trouve parfois de gros (10 à 20 cm de longueur) cailloux de schiste et de rares blocs.

Les concrétions calcaires sont semblables à celles que l'on trouve dans les dépôts glacio-lacustres des basses terres

du Saint-Laurent, notamment dans les varves de Deschailions (Gadd, 1971). Quant aux galets de silex, ils viennent d'un dépôt relique près d'un ancien caisson utilisé au XIX^e siècle durant l'âge d'or du commerce du bois sous le régime anglais. Ces silex provenaient originellement des formations crayeuses de la Manche. Ils ont été apportés par les bateaux et délestés sur les rivages du Saint-Laurent dans la région de Québec (Dionne, 1987b).

La lithologie des cailloux dans la couche superficielle (10-15 cm) du diamicton diffère peu de ceux qu'on trouve à plus grande profondeur. Deux comptages ont été faits sur les cailloux à la surface des bourrelets latéraux et frontaux de rainures d'affouillement glaciaire. Sur un total de 239 cailloux, on a trouvé 26,8 % de précambriens, 27,8 % de grès, 28,8 % de calcaires, 9,7 % de schistes et 6,8 % de quartz. Ces proportions sont comparables à celles du comptage n° 16 (tabl. II) fait dans le même secteur.

B. MODES DE MISE EN PLACE

Si la provenance des cailloux, en particulier des petits (galets), ne pose pas de problème, les modes de mise en place sont plus difficiles à déterminer. À première vue, on est porté à penser qu'il s'agit de matériaux provenant de formations glaciaires (till ou fluvio-glaciaire). Malheureusement, aucun dépôt de cette nature n'est connu dans les environs immédiats de Saint-Romuald (LaSalle, 1978). Les caractéristiques du diamicton sableux permettent de soutenir qu'il ne s'agit pas d'un dépôt glaciaire en place ou remanié, du moins dans les 50 cm superficiels. D'une part, le matériel change de consistance sur de courtes distances et, bien que très compact par endroits, il ne possède pas la structure typique du till. D'autre part, les cailloux, y compris les calcaires et les schistes, ne sont pas striés. De plus, on a trouvé dans plusieurs tranchées des valves de mollusques d'eau douce (*Ellipsio* sp.), des bouts de bois dont quelques-uns coupés à la hache ou à la scie, des artefacts (tessons de bouteille, objets métalliques et un bouchon d'évier en caoutchouc), ainsi que trois galets de chert (silex européens) d'origine anthropique. Il s'agit donc d'un dépôt relativement récent (moins de 200 ans pour la partie superficielle), qui a été mis

en place par les agents à l'œuvre actuellement dans ce secteur: vagues, courants, marées et glaces flottantes. Une carte sommaire (Centreau, 1974) indique à cet endroit un substrat de limon-argile avec placages de sable en surface.

Le rôle des glaces flottantes permet d'expliquer à la fois la présence des éléments précambriens et laurentiens (calcaire de Trenton, schiste d'Utica et grès fossilifères). Compte tenu des caractéristiques morphologiques du littoral des environs de Québec, il est peu probable que les cailloux appartenant à des formations situées à plus de 30 km en amont aient été déplacés uniquement par les courants et la dérive littorale. Si cette hypothèse est plausible pour les petits cailloux, elle ne tient pas pour les gros (au-dessus de 10 cm) et encore moins pour les blocs. Or, on a observé beaucoup de cailloux calcaires de 10 à 30 cm de longueur et quelques blocs de taille métrique. À l'instar des cailloux calcaires de la baie de Montmagny (Dionne, 1987a), ceux de l'anse Hamilton ont été apportés par les glaces flottantes. Le diamicton intertidal serait donc, en tout ou en partie, d'origine glacielle. Il ne s'agit pas non plus d'un till «remanié», à moins que ce dernier soit localisé à plusieurs kilomètres du site étudié ou en profondeur.

La majorité des cailloux précambriens a peut-être, dans un premier temps, été apportée au voisinage du Saint-Laurent par les glaciers. En effet, on en trouve en grand nombre dans un dépôt glaciaire de contact dans le secteur du lac Saint-Augustin. Ils sont abondants aussi dans le till dans la région de Donnacona et de Grondines. Mais, on ne peut ignorer les apports fluviaux récents, en particulier les apports glaciels, des rivières de la côte nord (Batiscan, Sainte-Anne et Jacques-Cartier), car on en observe régulièrement lors de la débâcle annuelle (fig. 13). Entre Neuville et Grondines (rive nord) et Saint-Antoine-de-Tilly et la pointe au Platon (rive sud), on observe fréquemment des amas glaciels de galets sur le bas estran sableux ou sur les plates-formes rocheuses intertidales. Dans une trentaine d'amas glaciels totalisant 4894 cailloux à Saint-Antoine, Sainte-Croix et Grondines (Dionne, 1987c), les éléments précambriens comptent pour 33,3 %, les calcaires, 45,9 % et les schistes, 18,3 %.

À Neuville, sur une dizaine de comptages faits d'une part sur des amas glaciels récents et d'autre part sur les cailloux provenant de tranchées creusées dans un diamicton de la zone intertidale, on a trouvé 31,2 % de précambriens, 33,7 % de calcaires et 35,1 % de schistes. Comme les remaniements existent un peu partout sur les rives du Saint-Laurent et que les glaces flottantes sont impliquées, une partie des cailloux du rivage de Saint-Romuald peut provenir directement des estrans du Saint-Laurent situés en amont, comme le démontre l'observation suivante, faite en 1987. Dans un amas de cailloux fraîchement abandonnés par les glaces flottantes à la surface du bas estran de l'anse Hamilton, on a dénombré 22 % de précambriens, 29,4 % de grès, 45,5 % de calcaires et 2,9 % de schistes. De tels amas sont fréquents partout sur les rivages du Saint-Laurent entre Grondines et Québec (Dionne, 1987c).

L'hétérogénéité (lithologie, taille et façonnement) du matériel grossier du diamicton de Saint-Romuald est caractéristi-

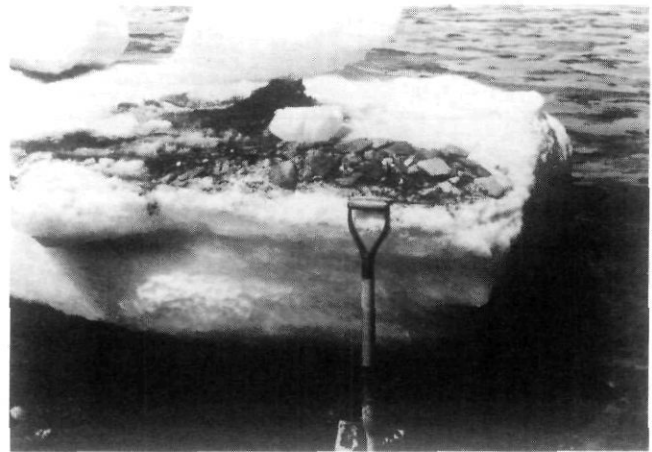


FIGURE 13. Glaçon chargé de débris grossiers (gravier et galets), échoué sur le bas estran, à marée basse (10-04-89).

An ice-block with coarse debris at the surface, stranded on the lower tidal flat at low tide.

que de l'activité glacielle. À la différence des vagues et des courants, les glaces ne font pas de sélection: elles transportent en vrac le matériel disponible et l'abandonnent au hasard de la fonte (Drapeau et Morin, 1985). Les éléments grossiers s'incorporent alors aux matériaux fins (sable et limon) mis en place par les vagues, courants et marées.

CONCLUSION

Les dépôts caillouteux des rivages du Saint-Laurent correspondent rarement à des dépôts glaciaires en place ou encore à des dépôts morainiques remaniés. Il s'agit parfois de dépôts glacio-marins ou glacio-lacustres mis en place lors de la déglaciation, mais le plus souvent il s'agit de dépôts d'âge holocène, voire même de dépôts récents (moins d'un millénaire). Leur caractère diamictique provient de l'action combinée de deux catégories d'agents de transport et de mise en place. D'une part les agents dits «normaux» pour la fraction fine (limon, sable et petit gravier) et d'autre part les glaces flottantes pour la fraction grossière. Il en résulte donc des dépôts hétérogènes caractérisés par un certain triage et une grande variation latérale et verticale, qui ressemblent parfois à du till ou à de la moraine.

L'étude de la lithologie des cailloux de divers rentrants du Saint-Laurent permet de constater que la proportion des indicateurs décroît proportionnellement avec l'augmentation de la distance de la source. Néanmoins, ce rapport diffère de la dispersion des cailloux en milieu glaciaire. Au-delà de 20 à 30 km de la source, le pourcentage d'indicateurs dans les diamictons glaciels est plus élevé que dans les dépôts glaciaires (tills), mais se rapproche des proportions trouvées dans les dépôts fluvio-glaciaires (Dionne, 1973b).

Une bonne connaissance de la nature et de la composition pétrographique des formations meubles dans lesquelles sont taillés les rivages du Saint-Laurent dans plusieurs secteurs permettrait une meilleure lecture des événements géologiques récents (Pleistocène et Holocène) et des processus encore en activité.

REMERCIEMENTS

La présente contribution résulte de recherches sur l'évolution des rivages du Saint-Laurent subventionnées par le Conseil national de recherches du Canada (Ottawa), programme du CRSNG. L'auteur remercie MM. J. P. Coakley (National Water Research Institute, Burlington, Ont.) et J.-M. Dubois (Université de Sherbrooke), lecteurs critiques pour leurs remarques et utiles suggestions. Les figures 2 et 3 ont été tirées du mémoire de baccalauréat (géographie) de Chantale Chênevert. Les figures ont été réalisées au Laboratoire de cartographie, et le texte a été traité au secrétariat du Département de géographie (Université Laval). Remerciements sincères à M^{mes} Andrée Lavoie et Lise Dugas.

RÉFÉRENCES

- Avramtchev, 1985. Carte géologique du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Direction générale de l'exploration géologique et minière, DPV-84-02, carte 2000, échelle: 1/1 500 000.
- Bayfield, H. W., 1860. Hydrographic chart of the St. Lawrence River in the area of Quebec. Hydrographic Office of the Admiralty, London.
- Canada, 1973. Études des rives du Saint-Laurent. Tome 7, Morphologie — sédimentologie, rive sud du Saint-Laurent, Lotbinière, Berthier-en-Bas, île d'Orléans. Ministère des Travaux publics, Montréal.
- 1989. Tables des marées et courants du Canada, 1989. Volume 3, Fleuve Saint-Laurent et rivière Saguenay. Pêches et Océans Canada, Ottawa, 36 p.
- Centreau, 1974. Fleuve Saint-Laurent: Aspects physiques et sédimentologiques entre Varennes et Montmagny. Tome 2, annexe A (recueil de cartes), Centre de recherches sur l'eau, Université Laval, Québec.
- Chênevert, C., 1990. Aspects géomorphologiques du littoral de Saint-Romuald. Mémoire de bacc., Dép. de géographie, Université Laval, Québec, 100 p.
- Clark, T. H. et Globensky, Y., 1973. Portneuf et parties de Saint-Raymond et de Lyster, comtés de Portneuf et de Lotbinière. Direction générale des Mines, Ministère des Richesses naturelles, Québec, Rapp. géol. 148, 110 p.
- 1975. Région de Grondines. Direction générale des Mines, Ministère des Richesses naturelles, Québec, Rapp. géol., 154: 159 p.
- Coakley, J. P., Dionne, J.-C. et Brodeur, D., 1989. Literature review and bibliography of the geological processes and bottom sediments of the St. Lawrence River. Lakes Research Branch, Canada Centre for Inland Waters, Burlington (Ont.), Contribution 89-07, 56 p.
- Cremer, M., 1979. Influence de l'histoire géologique du fleuve Saint-Laurent sur ses aspects morpho-sédimentaires actuels. Bulletin de l'Institut géologique du Bassin d'Aquitaine, 26: 5-41.
- Dionne, J.-C., 1973a. Étude morphométrique de galets des formations quaternaires de la région de Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles, Québec. Revue de Géographie de Montréal, 27: 185-190.
- 1973b. La dispersion des cailloux ordoviciens dans les formations quaternaires au Saguenay/Lac St-Jean, Québec. Revue de Géographie de Montréal, 27: 339-364.
- 1987a. Lithologie des cailloux de la baie de Montmagny, côte sud du Saint-Laurent. Géographie physique et Quaternaire, 41: 161-169.
- 1987b. Silex européens d'âge Crétacé dans la région de Québec. Cahiers de Géographie du Québec, 31 (82): 69-79.
- 1987c. La charge sédimentaire glacielle des rivages du haut estuaire du Saint-Laurent, p. 67-96. In Y. Ouellet, édité., Comptes rendus, Conférence canadienne du littoral — 1987 (Québec), Conseil national de recherches du Canada, Comité associé de recherches sur l'érosion et la sédimentation littorales, Ottawa.
- 1989a. Ploughing boulders along shorelines, with particular reference to the St. Lawrence estuary. Geomorphology, 1 (4): 297-308.
- 1989b. Boulder barricades in the St. Lawrence estuary and gulf, Québec, Canada. 2nd International Conference on Geomorphology (Frankfurt), Abstracts of Papers and Posters (Geoöko), 1: 75.
- Drapeau, G., 1990. Nearshore sediment dynamics in the St. Lawrence estuary, p. 130-154. In M. I. El-Sabh et N. Silverberg, édité., Oceanography of a large-scale estuarine system. The St. Lawrence. Plenum Press, New York.
- Drapeau, G. et Morin, R., 1985. Influence du glacier sur la répartition minéralogique de la fraction sableuse de la zone littorale dans la région de Trois-Pistoles. Naturaliste canadien, 112: 51-56.
- Frenette, M. et Larinier, M., 1973. Some results of the sediment regime of the St. Lawrence River, p. 138-157. In Fluvial processes and sedimentation, Proceedings of the 9th Canadian Hydrology Symposium (Edmonton — 1973). National Research Council of Canada, Ottawa, Associate Committee on Geodesy and Geophysics, Subcommittee on Hydrology.
- Frenette, M. et Verrette, J.-L., 1976. Environnement physique et dynamique du fleuve Saint-Laurent. L'ingénieur, 62 (312): 13-24.
- Gadd, N. R., 1971. Pleistocene Geology of the Central St. Lawrence Lowland. Geological Survey of Canada, Memoir 359, 112 p.
- Goudreau, M. et Gauthier, B., 1981. Étude sommaire des empiètements sur le littoral québécois. Conseil consultatif de l'Environnement, Québec, Rapport, 113 p.
- LaSalle, P., 1978. Géologie des sédiments de surface de la région de Québec. Direction générale des Mines, Ministère des Richesses naturelles, Québec, Rapport DPV-565, 22 p. (série de cartes à 1/50 000).
- Laurin, J., 1979. Empiètements riverains recensés sur la berge nord du fleuve Saint-Laurent entre le pont de Québec et l'île d'Orléans en 1978. Mémoire de bacc., Département de géographie, Université Laval, Québec, 74 p.
- Maltais, B., 1976. Utilisation récréative des rives de la côte de Belmont. Thèse de maîtrise, Département de géographie, Université Laval, Québec, 253 p.
- Messely, L., 1983. Géomorphologie littorale et aspects du glacier des anses de Saint-Nicolas. Mémoire de bacc., Département de Géographie, Université Laval, Québec, 78 p.
- Michel, B. et Bérenger, D., 1972. L'hiver glaciologique le long du fleuve Saint-Laurent, p. 1251-1282. In Le rôle de la neige et de la glace en hydrologie, Actes des colloques de Banff-1972. Association internationale d'Hydrologie scientifique, vol. 2.
- Ouellet, Y., 1971. Étude sur le batillage à Champlain. Ministère des Travaux publics du Canada (Montréal), Rapport de l'Étude des rives du Saint-Laurent.

- Ouellet, Y. et Baird, W., 1978. L'érosion des rives du Saint-Laurent. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 5: 311-323.
- Sérodes, J.-B., 1976. Les sédiments: le fond du problème. *L'Ingénieur*, 62 (313): 10-15.
- Sérodes, J.-B. et Troude, J.-P., 1985. Temps de submersion des marais à scirpes (*Scirpus americanus*) de l'estuaire du Saint-Laurent. *Naturaliste canadien*, 112: 119-129.
- St-Julien, P., 1977. Structure et stratigraphie des roches de la plateforme de Québec et des séquences appalachiennes près de Québec. Département de géologie, Université Laval, Québec, Rapport d'Excursion A-9, 34 p.
- Van der Plas, L. et Tobl, A. C., 1965. A chart for judging the reliability of point counting results. *American Journal of Science*, 263: 87-90.